

## **СИСТЕМА ФУНКЦІЙ МАОРСs ДЛЯ БАГАТОВАРІАНТНОГО АНАЛІЗУ ТА ОПТИМІЗАЦІЇ ЛІНІЙНИХ ПАРАМЕТРИЧНИХ КІЛ НА ОСНОВІ ЧАСТОТНОГО СИМВОЛЬНОГО МЕТОДУ**

*Шаповалов Ю. І., д.т.н., доцент; Мандзій Б. А., д.т.н., професор;*

*Бачик Д. Р.; Маньковський С. В., к.т.н.*

*Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна*

Як показала практика, частотний символний метод (ЧС-метод) є ефективним засобом аналізу ustalених режимів лінійних параметричних кіл у частотній області. Метод оснований на розв'язуванні рівняння Л. А. Заде та апроксимації спряженої передавальної функції  $W(s, t)$  лінійного параметричного кола тригонометричним поліномом Фур'є [1]. У роботі представлена програмна реалізація системи функцій *MAOPCs* (*Multivariate Analysis and Optimization of the Parametric Circuits*) для багатоваріантного аналізу та оптимізації лінійних параметричних кіл на основі ЧС-методу.

*Архітектура системи функцій MAOPCs.* Система представляє собою 17 функцій, які реалізовані в середовищі *MATLAB*. Кожна з 17 функцій має аргументи та глобальні змінні і виконує над ними визначені перетворення. Глобальні змінні формують програму вхідних даних на дослідження і повинні бути визначені (задані) на момент виклику функції. Результати, отримані в процесі виконання однієї функції (в окремих випадках декількох функцій), можуть бути глобальними змінними (вхідними даними) для інших функцій. Послідовність розташування функцій довільна. Таким чином, на основі розробленої системи функцій та інших внутрішніх функцій пакету *MATLAB*, користувач може формувати необхідні алгоритми і програми комп'ютерних обчислювальних експериментів для багатоваріантного аналізу та оптимізації параметричного радіотехнічного вузла, що досліджується. Система *MAOPCs* відкрита для поповнення її новими функціями. Для застосування системи функцій на персональному комп'ютері необхідно встановити програму *MATLAB 7.6.0(R2008a)*, зокрема її компоненти *Symbolic Toolbox*, *Extended Symbolic Math*, *Optimization Toolbox*, *Genetic Algorithm and Direct Search Toolbox*.

Для дослідження лінійних параметричних кіл в середовищі *MATLAB* з використанням системи *MAOPCs* необхідно дотримуватись системних вимог, які витікають з вище описаної архітектури системи функцій *MAOPCs*.

### **Системні вимоги**

Для дослідження лінійних параметричних кіл в середовищі *MATLAB* з використанням системи *MAOPCs* першою чергою необхідно:

- 1) створити *m*-файл [2] з текстом програми, що описує дослідження кола і глобальні змінні, та зберегти його у папці;
- 2) вказати функції системи *MAOPCs* та *MATLAB* у послідовності, яка відповідає алгоритму проведення дослідження, у створеному *m*-файлі;

3) виконати *m*-файл в середовищі *MATLAB* за допомогою опції «*Run m-файл*».

Результати дослідження зберігаються у *mat*-файлі, який знаходиться у тій же папці, що і *m*-файл. Результати дослідження та проміжні розрахунки, які по замовчуванню зберігались протягом проведення дослідження, можемо переглянути у вікні «*Workspace*» середовища *MATLAB* [2]. Зрозуміло, що набір таких папок створює бібліотеку алгоритмів та обчислювальних експериментів лінійних параметричних кіл, що досліджувались.

Призначення функцій системи *MAOPCs* наступні:

- 1) *TrFunc* — формування параметричної передавальної функції у символьному виді [1,2];
- 2) *Stability* — оцінка асимптотичної стійкості кола;
- 3) *FunctionOfZoneStability* — апроксимація межі області стійкості поліномом *n*-го порядку;
- 4) *FSM* та *MFSM* — визначення параметричних передавальних функцій зі звичайної та модифікованої частотної символьної моделі лінійного параметричного кола, відповідно [1];
- 5) *OutVar* — формування функцій вихідних змінних [2];
- 6) *SensFO* та *SensSO* — розрахунок функцій чутливості першого та другого порядку, відповідно [2];
- 7) *RelativeDeviation\_FirstOrder*, *RelativeDeviation\_SecondTerm* та *RelativeDeviationOfFunction* — розрахунок відносного відхилення функції [3];
- 8) *FormOfFunOfGoal*, *FormOfFunCharacteristic* та *FormOfObjectiveFun* — формування функції цілі [4];
- 9) *Table* — формування таблиці значень функції [2];
- 10) *Graph\_2D* та *Graph\_3D* — візуалізація функції у площині та у просторі, відповідно [2].

У роботах [2–5] представлено виконані за допомогою системи функцій *MAOPCs* комп'ютерні обчислювальні експерименти з визначення вихідних напруг, функцій чутливості, аналізу допусків та оптимізації за умови контролю стійкості параметричного балансного модулятора, одного та двоконтурного параметричних підсилювачів. Одержані результати переконують, що реалізована на основі ЧС-методу система функцій *MAOPCs* є ефективним засобом комп'ютерного схемотехнічного моделювання усталених режимів лінійних параметричних кіл.

Таким чином, за допомогою розробленої системи функцій *MAOPCs* розробник радіотехнічних вузлів має змогу:

- досліджувати лінійні параметричні кола, задаючи алгоритми їх дослідження;
- використання потужного символьного апарату та інших внутрішніх функцій пакету *MATLAB* повною мірою, не вникаючи в глибину математичного апарату реалізованих методів;

- створення бібліотеки алгоритмів для проведення обчислювальних експериментів;
- поповнення системи функцій новими функціями.

#### **Література**

1. Шаповалов Ю. І. Розвиток теорії символьного аналізу лінійних параметричних кіл у частотній області: Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук: 05.09.05. / Шаповалов Юрій Іванович — Львів, 2012. — 413с.
2. Шаповалов Ю. І. Система МАОРС для багатоваріантного аналізу та оптимізації лінійних параметричних кіл у середовищі MATLAB / Ю. І. Шаповалов, Д. Р. Бачик, С. В. Маньковський // Вісн. НУ «Львівська політехніка». Радіоелектроніка та телекомунікації — 2013. — №766. — С.28—34.
3. Шаповалов Ю. І. Застосування частотного символьного методу до багатоваріантного аналізу лінійних параметричних кіл / Ю. І. Шаповалов, Б. А. Мандзій, Д. Р. Смаль // Вісн. НУ «Львівська політехніка». Радіоелектроніка та телекомунікації — 2012. — №738. — С.10—16.
4. Шаповалов Ю. І. Оптимізація лінійних параметричних кіл за умови контролю їх стійкості / Шаповалов Ю. І., Мандзій Б. А., Бачик Д. Р. // Вісн. НТУУ «КПІ». Радіотехніка. Радіоапаратобудування. — 2013. — № 53. — С. 50—59.
5. Shapovalov Yu. I. Optimization of parametric balanced modulator on frequency symbolic method / Yu. I. Shapovalov, B. A. Mandziy, D. R. Bachyk // Computational Problems of Electrical Engineering. — 2012. — Vol.2, No.2. — P. 93—101.

#### **Анотація**

В роботі розглядається програмна реалізація системи функцій МАОРС для багатоваріантного аналізу та оптимізації лінійних параметричних кіл на основі частотного символьного методу. Метод оснований на формуванні апроксимованих спряжених передавальних функцій лінійних параметричних кіл у вигляді тригонометричних поліномів Фур'є. Система функцій МАОРС реалізована у середовищі MATLAB.

Ключові слова: лінійні параметричні кола, багатоваріантний аналіз, частотний символьний метод.

#### **Аннотация**

В работе рассматривается программная реализация системы функций МАОРС для многовариантного анализа и оптимизации линейных параметрических цепей на основе частотного символьного метода. Метод основан на формировании аппроксимированных сопряженных передаточных функций линейных параметрических цепей в виде тригонометрических полиномов Фурье. Система функций МАОРС реализована в среде MATLAB.

Ключевые слова: линейные параметрические цепи, многовариантный анализ, частотный символьный метод.

#### **Abstract**

This paper considers the software realization of the system of functions MAOPCs for multivariate analysis and optimization of linear parametric circuits based on frequency symbolic method. This method is based on the formation of the approximated transfer functions of linear parametric circuits in the form of Fourier trigonometric polynomials. The system of functions MAOPCs realized in the MATLAB environment.

Keywords: linear parametric circuits, multivariate analysis, frequency symbolic method.